昆 虫 学 报 *Acta Entomologica Sinica*，June 2002，45（3）：329 – 335　　ISSN 0454-6296

# 朝鲜毛球蚧蜡泌物的超微形态与红外光谱特征

谢映平，郑乐怡
（南开大学生物学系，天津　300071）

**摘要**：采用扫描电镜和红外光谱技术研究了朝鲜毛球蚧 *Didesmococcus koreanus* 在不同发育阶段蜡泌物的超微形态和化学成分。结果发现：该虫在低龄期的蜡泌物的形态是长丝状，到3龄和成虫期是由湿蜡凝结成不同大小的颗粒，块状和片状。雄虫蜡壳是薄蜡片构成，表面呈鱼鳞状凹凸。低龄期若虫蜡泌物的红外光谱特征与雌成虫的十分相似，说明二者所含的主要化学成分是相同的，雄虫和低龄若虫及雌成虫蜡壳萃取物的红外光谱的吸收峰型基本一致，但在1 240.7 $cm^{-1}$处出现一个中等强度的特征峰，这充分说明3种蜡泌物的有机化合物种类和结构一致，只是雄虫分泌物与另二者比较具有特征官能团，从而，利用该吸收峰可以区别出雄虫。此外，根据红外光谱特征分析，可以知道该虫蜡泌物的化学成分主要为长链脂肪酸、脂肪醇和一些带芳香环的化合物。

**关键词**：朝鲜毛球蚧；蜡泌物；超微形态；化学成分；红外光谱
**中图分类号**：Q965　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296（2002）03-0329-07

# Ultra-morphology and infrared absorption spectra of the waxes secreted by a scale insect，*Didesmococcus koreanus*（Homoptera：Coccidae）

XIE Ying-Ping，ZHENG Le-Yi（Department of Biology，Nankai University，Tianjin　300071，China）

**Abstract**：The ultra-morphology and chemical composition of the waxes secreted by the scale insect，*Didesmococcus koreanus* Borchs，was studied with scanning electron microscope and infrared spectra techniques. It was found that the waxes secreted by the young nymphs are long threads in its shape. Quite the contrary，the waxes changed their shape into granular，mass and piece on the dorsal surface of the old nymphs and adult females. By comparing the characteristics of the infrared absorption spectra of the waxes，the conclusion is that the main kind of chemical function groups and compositions are basic the same or similar in the two waxes secreted respectively by the young scale insect and the old one. A mid-strong absorption peak at 1 240.7 cm $^{1}$ indicated the male scale insect's waxy cover having a different function group. Therefore，its composition is different to the female one's and the young nymph's. Based on the infrared spectra，it is suggested that the scale insect's waxy compounds are composed majorly by long-chain fatty alcohol and fatty acids and some compounds with aromatic ring.

**Key words**：*Didesmococcus koreanus*；waxes；ultra-morphology；chemical composition；infrared spectra

朝鲜毛球蚧 *Didesmococcus koreanus* 属蚧总科 Coccoidea，蚧科 Coccidae，坚蚧亚科 Eulecaniinae 的毛球蚧属 *Didesmococcus*，分布于古北区，在我国北方危害桃、杏等蔷薇科果树，是一种著名的经济害虫。已有研究包括形态学描述和生物学观察等（汤□德，1977，1991；张之光和石毓亮，1955；Borchsenius，1960；谢映平，1998），有关其蜡泌物的研究未见报道。蚧虫一生大部分时间营固定生活，没有移动和逃避敌害的能力。其蜡腺分泌的蜡质具有保护作用，可免遭天敌和不良气候变化的侵袭，同时也可降低杀虫剂的杀伤效果（Tamaki，1997）。因此，研究其蜡泌物的形态构造和化学成分，对于了解该类蚧虫的生存优势、自我防御机理，以及害虫综合管理对策的制定等，都有重要意义。尽管紫胶虫、白蜡虫和胭脂虫等有益蚧虫的泌蜡早就被开发利用，但采用现代技术研究蚧虫蜡泌物的形态结构和化学成分于20世纪60年代后期才开始活跃，这要归功于电子显微镜的应用和光谱技

基金项目：国家自然科学基金委员会特殊学科人才培养项目（昆虫分类学）（编号：国家金发计字第108号）
第一作者简介：谢映平，男，1954年9月生，博士，教授，主要从事森林保护和昆虫学研究，E-mail：xieyingping@263.net；xieyingping@eyou.com；现工作单位：山西大学生命科学与技术学院，太原 030006
收稿日期 Received：2000-10-16；接受日期 Accepted：2001-08-23

术的发展。如对蚧科 Coccidae 蜡蚧属 *Ceroplastes* 的日本龟蜡蚧 *Ceroplstes japonicus*、伪角蜡蚧 *C. pseudoceriferus*、红蜡蚧 *C. rubens*（Kawai *et al*.，1967；Tamaki *et al*.，1968，1969；Tamaki，1969；Hashiimoto *et al*.，1971）、白蜡蚧 *C. destructor*（Hackman，1951）；软蚧属 *Coccus* 的褐软蚧 *Coccus hesperidum*（Foldi，1978）；绵蚧属的 *Pulvinaria regalis*（Foldi *et al*.，1985）；珠蚧科 Margarodidae 的吹绵蚧 *Icerya purchasi*（Mukai *et al*.，1965）、草履蚧 *Drosicha corpulenta*（Hashiimoto *et al*.，1982）和一些地下蚧虫（Foldi，1981）；毡蚧科 Eriococcidae 的 *Ericoccus lagerstroemiae*（Waku *et al*.，1981）和其他科一些蚧虫的研究（Foldi *et al*.，1985）。这些研究无疑为人类认识蚧虫提供了新知识，然而，已研究过蜡泌物的蚧虫仅约20种，与整个蚧总科全世界7 000种的数量相比，显然非常贫乏。其中蚧科全世界已经记录1 000余种，但蜡泌物研究仅占约1%。且多只用成虫一个虫态作材料，使研究结果的分析应用受到局限。本文作者对朝鲜毛球蚧不同发育时期蜡泌物形态特征和红外光谱特征进行了观察和研究。

# 1 材料和方法

试验材料定点采于山西省太谷县山西农业大学实验果园的桃树上。低龄期若虫采于6月下旬，雄虫蜡壳采于3月下旬，雌性3龄若虫和雌成虫分别采于3月下旬和5月。

蜡泌物的处理和扫描电镜观察：带虫枝条真空干燥后，挑选适当虫体置样品台上，真空条件下喷金5~7 min。扫描电镜观察虫体表面、摄影。扫描电镜型号：KYKY-AMRAY 100B。

蜡泌物的处理和红外光谱检测：将真空干燥后的蜡泌物从枝条上用镊子或解剖针取下，置试管中用三氯甲烷溶解、萃取。待蜡溶解后，过滤，挥发掉三氯甲烷，得到白色固体的蜡泌物样品。按照红外光谱的固体压片法制样（董庆年，1979），红外光谱仪检测。仪器为美国 Nicolet 公司产 Fourier 变换红外光谱仪，型号：MAGNA 560 型 FTIR。

红外光谱特征解析参考红外光谱法、光谱分析与有机结构鉴定、有机化合物结构鉴定与有机波谱学等（宁永成，1989；赵瑶兴和孔祥玉，1992）。

# 2 结果和分析

## 2.1 蜡泌物的扫描电镜观察结果

低龄若虫泌蜡特征：蜡质成长丝状，量大而密集，将虫体包裹成一个蜡丝团（图版Ⅰ-1）。蜡丝从腺孔中伸出，每根蜡丝都出自一个单独的孔（图版Ⅰ-2）。蜡丝粗度分别为6~7 μ和10~12 μ。蜡丝在腺孔的开口处较粗，分别为10~12 μ和24 μ。去除蜡丝后可以看出，在蜡丝下，紧贴体壁是一层很薄的蜡（图版Ⅰ-3）。

雌虫3龄若虫蜡泌物特征：3龄若虫体表蜡质较少，体背中区蜡层薄而平滑，向边缘堆积加厚，层次感增强。缘刺上也覆有微量的蜡（图版Ⅰ-4）。

雌成虫蜡泌物特征：雌成虫体背面蜡泌物是湿蜡组成，在大部分区域凝结为颗粒、蜡块或者蜡片，白色或半透明（图版Ⅰ-5）。在虫体边缘的蜡泌物（图版Ⅰ-6）层次变厚，似泥石流状。由此推测蜡泌物初分泌时可以流动，在体侧有靠重力下流的过程。

雄虫蛹壳：越冬后形成，表面蜡质如鱼鳞状（图版Ⅰ-7），局部放大显示每一“鱼鳞”的位置，蜡泌物堆积成多层次、大小结构不等的凹凸（图版Ⅰ-8）。

雌成虫腹面胸气门路的蜡泌物及泌蜡腺孔的特征：前胸气门隆起，表面全为白色绒毛状蜡泌物，从气门向虫体边缘形成一条蜡带，即气门路（图版Ⅱ-9）。气门路的蜡泌物是丝状构造，成弯曲的盘旋状（图版Ⅱ-10）。蜡丝为圆形的空心管（图版Ⅱ-11），粗度1.1 μ。这些蜡丝由5孔腺（图版Ⅱ-12）分泌，5孔腺直径约6 μ，每个单孔直径约1.1~1.2 μ，孔径与蜡丝粗度相等，说明蜡丝是由单孔中泌出，每一单孔都能分泌1根。照片中5孔腺的2个单孔开口暴露在外，其他3孔被蜡泌物掩盖，不能看清。其中一孔初泌的蜡质露出孔外一截，明显可见。

雌成虫腹面亚缘区的泌蜡管状腺在亚缘区成宽带状群集。管状腺端口外径6.2 μ，内径3.3 μ。端口的舌状物即正在分泌出来的白色蜡泌物（图版Ⅱ-13），蜡泌物在管口外凝结为块状，每一个蜡块下就是一个腺孔。泌出的蜡成水柱状，向外流出，其基部可成盘状（图版Ⅱ-14）。

综上所述，朝鲜毛球蚧虫体背面蜡泌物在低龄若虫期和老龄期分别以长丝状和非丝状两种形态存在，属于本研究的新发现。前人研究曾记述的形态都是成虫的一种形态，如蚧科的褐软蚧的蜡泌物与本种成虫期特征相似，都是分泌湿蜡，在虫体背面凝结成颗粒、片状或块状（Foldi，1978），虽然对

它的幼期未有记载，但是据作者所作的对照观察，发现褐软蚧幼期与成虫期的蜡泌物形态是相同的；珠蚧科的草履蚧成虫的蜡泌物具丝状构造，但它是半管状（Hashiimoto *et al*.，1982），与朝鲜毛球蚧幼期的圆形空心管完全不同；毡蚧科虫体的蜡泌物是圆形空心管状（Waku *et al*.，1981），但是它的蜡丝很短，与本种的长蜡丝不同，而且，它的蜡丝在成虫期和幼虫期蜡丝形态相同，本种却有两种构造；与同科的蜡蚧属相比，其差别更大，前者在幼期分泌白色粉状“干蜡”，在体外凝结成“星芒状”蜡壳，老龄期则分泌“湿蜡”，在体外形成“龟背状”的厚蜡壳（Kawai and Tamaki，1967），而本种的丝状和非丝状两个形态与其根本不同。

对朝鲜毛球蚧气门路上五孔腺和阴门区的多孔腺分泌物观察，发现它们均为丝状构造，与前人研究过的其他几种蚧虫的特征基本相同。这可能与这两种腺体在虫体上所着生的位置和担负的功能相对固定有关。在蚧总科，五孔腺基本都是着生在气门路，其蜡泌物堆积连接，形成一条使空气进入气门的通道，丝状蜡质盘旋卷曲，使其相互之间留有空隙，保证了气门路的畅通。多孔腺一般都分布在阴门区，在雌虫进入成虫期才出现，它分泌的蜡丝主要粘附在新产的卵粒表面，使卵粒相互分离，便于若虫孵化。由于功能要求决定了它们虽然在不同的科却表现出相同的形态结构。但是本次观察到胸气门被大量的蜡丝覆盖，说明气门内或气门壁上具有较多五孔腺一类的泌蜡腺体存在，这种现象在其他文献中没有报道。

**2.2　蜡泌物化学成分的红外光谱特征**

红外光谱仪检测结果显示，朝鲜毛球蚧在 3 个虫态的蜡泌物具有相似的红外光谱特征，说明在该种内蜡泌物的化学成分具有相对稳定性。图 1 是低龄若虫蜡泌物的红外光谱特征，在饱和碳氢（$—C_nH_m$）的伸缩振动区域（2 900 cm$^{-1}$）附近，出现 3 个吸收强度很强的峰群。2 918.0 cm$^{-1}$ 和 2 849.2 cm$^{-1}$处出现的 2 个峰为 $>CH_2$ 的特征吸收峰，其中 2 918.0 cm$^{-1}$ 处的吸收峰强度最大。2 955.3 cm$^{-1}$处的中等强度峰表明蜡泌物中存在的甲基($—CH_3$)较多。在 1 733.7 cm$^{-1}$处的强吸收峰说明蜡泌物中存在含羰基（ $>C=O$ ）的化合物。根据吸收位置推测，化合物的类型可能为羧基($—CO_2H$)或脂基（$—CO_2R$）。在 1 473.2 cm$^{-1}$ 和 1 463.0 cm$^{-1}$ 处中等强度吸收峰（以及 1 417.0 cm$^{-1}$附近的吸收峰）为 $>CH_2$ 的变形振动，与 2 918.0 cm$^{-1}$处的碳氢（$—C_nH_m$）伸缩振动相印证。从1 377.0 cm$^{-1}$处到 1 179.2 cm$^{-1}$之间的锯齿状峰为饱和的 —C—C—C— 的骨架振动。730.2 cm$^{-1}$和 719.9 cm$^{-1}$的两个中等强度吸收峰为芳香碳氢（Ar—H）的同位相面外弯曲振动，由此推测，蜡泌物中含有一些带有芳香官能团的化合物。

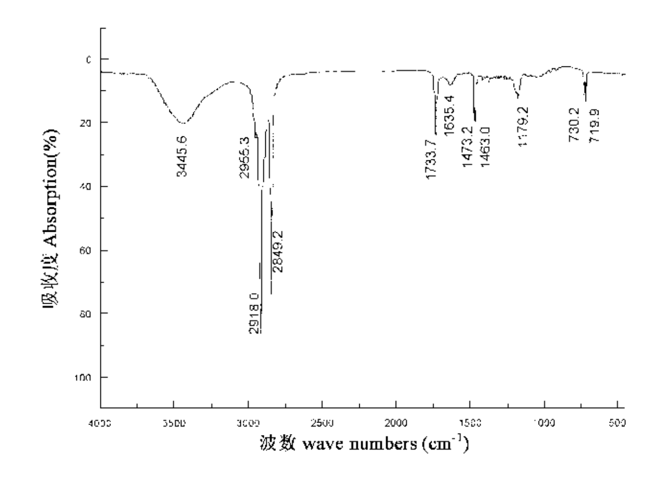



图 1　低龄若虫蜡泌物红外光谱特征图谱

Fig. 1　The infrared spectra of the waxes secreted by the young nymphs

雌成虫蜡泌物的红外光谱特征（图略）与低龄若虫的十分相似，其区别在于，特征基团吸收峰的强度更大，特别在 1 733. 9 cm$^{-1}$峰和锯齿状的饱和长碳链—C—C—C—骨架振动吸收峰强度更明显，说明二者化合物在基团的种类和化合物的主要成分方面是相似的，但含量多少不同。

雄性 2 龄若虫蜡壳的红外光谱特征与低龄若虫和雌成虫的差别较大（图 2）。主要表现在 1 376.6 cm$^{-1}$到 1177.4 cm$^{-1}$之间，前二者是密集的锯齿状特征，而雄虫蜡壳的特征在 1 240.7 cm$^{-1}$处是一个非常特征的中等强度的独立吸收峰，说明在此波数下有一个与前二者不同的官能团在振动。由于其他位置的峰型基本一致，只有在 1 240.7 cm$^{-1}$这一位置上多一个特征官能团的吸收峰，这充分说明低龄若虫及雌成虫的蜡泌物与雄虫的蜡泌物的化学成分种类基本一致，结构类型也一致，只是雄虫蜡泌物中的某一类物质存在一个特征官能团。然而，就凭这一官能团可将雄虫区别开。

根据红外光谱特征分析，推测朝鲜毛球蚧蜡泌物主要由长链脂肪酸和脂肪醇以及某些含芳香环的化合物组成。以往采用气－液相色谱分析方法，已

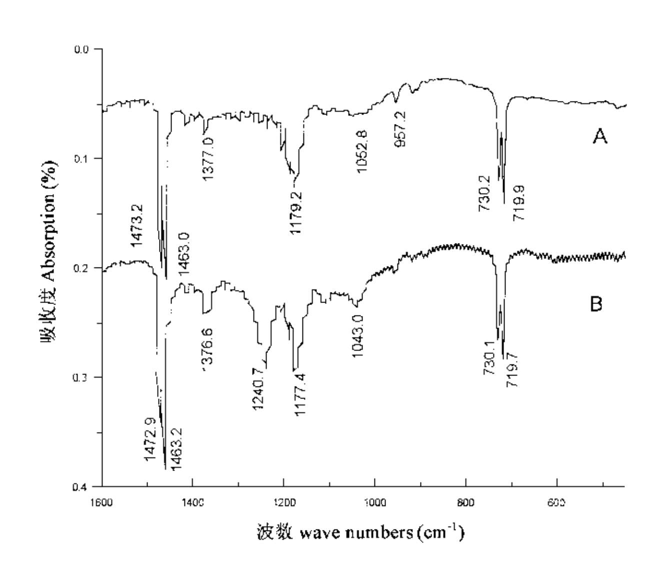



图2 低龄若虫（A）、和雄性2龄若虫（B）蜡泌物的红外光谱特征比较

Fig. 2 Comparison of the characteristics of the infrared spectra of the waxes secreted respectively by the young nymphs (A) and males (B)

知蚧科的蜡蚧属和珠蚧科的草履蚧的蜡泌物的脂肪醇和脂肪酸的的碳链是 $C_{26} \sim C_{33}$，本研究所得结果与以往报道的其它蚧虫的蜡泌物的主要化学成分基本相同。但是，本研究采用红外光谱分析方法，分别检测出朝鲜毛球蚧在不同发育阶段的蜡泌物的红外吸收光谱，根据其图谱特征推断化合物的主要化学基团和成分，并对低龄期和高龄期、雌性和雄性之间的异同点作了比较。

## 3 讨论

在昆虫纲还有其他一些类群也有泌蜡现象，如鳞翅目的大蚕蛾和凤蛾的幼虫，鞘翅目瓢虫的幼虫（Pope，1979），同翅目的蚜虫等是比较明显的例子（Pope，1983）。蜡泌物对昆虫的保护功能似乎被作为一个常识来看待，比如防止体内水分过量蒸发，防止病原物侵入，对杀虫剂的阻碍等作用。朝鲜毛球蚧在幼期的丝状蜡泌物和老龄期的非丝状结构似乎暗示功能方面的差异，它与虫体在某阶段的生理代谢、对外界其他因素侵扰的抵抗能力之间的关系还没有研究。植物表面常常也有蜡质覆盖，电镜下观察其构造也成管状、丝状、片状等形式，其化学成分主要是脂肪族化合物，如烃类，醇、醛、蜡酯、萜烯类等（Kolattukudy，1970），与昆虫的有很多相似之处。但是，除了上述的几点保护功能外，有人提出蜡泌物对病原物的有毒性，和类似象激素的功能（Kolattukudy，1970）。因为很多昆虫都有病原物和天敌，而且与寄主昆虫之间常有对应的专一性。蚧虫现在发现的病原物很少，是否蜡泌物除了直接阻隔作用外，还有毒性作用是一个值得研究的问题。膜翅目的几个类群是蚧虫的重要寄生性天敌，如跳小蜂多寄生软蚧类，蚜小蜂寄生盾蚧类，这种比较固定的天敌-蚧虫的相互联系，是否与蜡泌物所含化合物成分有关，是一个重要而有趣的问题。目前已知，蚧虫蜡泌物中含有多种挥发性的萜烯类化合物，起信息素的作用，如在蜡蚧属的日本龟蜡蚧 *Ceroplstes japonicus*、伪角蜡蚧 *C. pseudoceriferus*、红蜡蚧 *C. rubens*、和 *C. albolineatus* *Cockerell* 的蜡壳中检测出一系列大环、双环和三环萜类，甚至在角蜡蚧和红蜡蚧蜡壳中检测出另外31种挥发性萜类。已经发现两种萜类混合物对红蜡蚧扁角跳小蜂 *Anicetus beneficus* Tshii & Yasumatus 寻找寄主产卵起化学诱导作用。盾蚧科的矢尖盾蚧 *Unaspis yanonensis*（Kuwana）介壳的蜡酯对寄生蜂矢尖蚜小蜂 *Aphitis yanonensis* DeBach & Rosen 发现寄主和产卵有诱导作用（Tamaki，1997）。因此，深入研究朝鲜毛球蚧蜡泌物，特别是同种蚧虫在不同发育阶段蜡泌物的变化应该受到重视。

蜡泌物在昆虫分类上的作用在20世纪70年代末已经引起分类学家的重视，在瓢虫（Pope，1979）和蚧虫与蚜虫上（Pope，1983）都曾作过尝试，但由于蚧虫蜡泌物研究涉及的种类太少，使其受到限制。本研究发现朝鲜毛球蚧所在的毛球蚧属 *Didesmococcus* 在以前的分类系统中，与褐软蚧 *Coccus hesperidum* 所在的软蚧属 *Coccus* 归于软蚧亚科 Coccinae，软蚧族 Coccini 的软蚧亚族 Coccina（汤□德，1991），与软蚧亚族并列的是坚蚧亚族 Eulecaniina，包括大球蚧属 *Eulecanium*、云杉球蚧属 *Pysokermes*、褐球蚧属 *Rhodococcus* 等。在最近的分类系统中（Hodgson，1994），将毛球蚧属从软蚧类分出来，归并到坚蚧亚族，并且将坚蚧亚族的类群提升为亚科 Eulecaniinae。以上两种分类都是按照形态特征为依据，但从蚧虫蜡泌物的形态特征看，褐软蚧在幼期和成虫期均分泌湿蜡，毛球蚧在幼期分泌长丝状蜡，因此支持将毛球蚧与软蚧分开。同时，研究中作者还观察了坚蚧类 Eulecaniinae 的3个属的瘤坚大球蚧 *Eulecanium gigantea*，山西杉苞蚧 *Pysokermes shanxiensis* 和苹果褐球蚧 *Rhodococcus sariuo-*

*ni*，发现他们都有一个虫态的虫体背面分泌丝状蜡（待另文发表），所以，认为将毛球蚧并入坚蚧类群比放在软蚧类可能更合适。

## 参 考 文 献（References）


Borchsenius H C，1960. The scale insects on fruit trees in northern and east-northern China. *Acta Entomol. Sin.*，10（2）：214－218.［巴赫谢尼乌斯 H C，1960. 中国北部和东北部果树蚧虫记述. 昆虫学报，10（2）：214－218］

Brown K S，1975. The chemistry of aphids and scale insects. *Chemical Society*，*Reviews*，London，4（2）：263－288.

Dong Q N，1979. Infrared Absorption Spectroscopy. Beijing：Chemical Industry Publishing House. 25－105.［董庆年，1979. 红外光谱法. 北京：化学工业出版社. 25－105］

Foldi I，1978. Ultracture des glandes tegumentaires dorsales，secretrices de la“laque”chezla femelle de *Coccus hesperidum* L.（Homoptera：Coccidae）. *Int. J. Insect Morphol. & Embryol.*，7（2）：155－163.

Foldi I，1981. Ultrastructure of the wax gland system in subterranean scale insects（Homoptera，Coccoidea，Margarodidae）. *Journal of Morphology*，168（2）：159－170.

Foldi I，Cassier P，1985. Ultrastructure comparee des glandes tegumentaires de treize families de cochenilies（Homoptera：Coccoidea）. *Int. J. Insect Morphol. & Embryol.*，14（1）：33－50.

Foldi I，Pearce M J，1985. Fine structure of wax glands，wax morphology and function in the female scale insect，*Pulvinaria regalis* Canard（Homoptera：Coccidea）. *Int. J. Insect Morphol. & Embryol.*，14（5）：259－271.

Hackman R H，1951. The chemical composition of the wax of the white scale，*Ceroplastes destructor*（Newstead.）. *Archives of Biochemistry and Biophysics*，33：150－154.

Hashimoto A，Kitaoka S，1971. Scanning electron microscopic observation of the waxy substances secreted by some scale insects. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*，15：76－86.

Hashiimoto A，Kitaoka S，1982. Composition of the wax secreted by a scale insect，*Drosicha corpulenta* Kuwana（Homoptera：Margarodidae）. *Appl. Ent. Zool.*，17（4）：453－459.

Hodgson C J，1994. The Scale Insect Family Coccidae：An Identification Manual to Genera. Wallingford：CAB International. 84－85.

Kawai S，Tamaki Y，1967. Morphology of *Ceroplastes pseudoceriferus* Green with special reference to the wax secretion. *Appllied Entomology and Zoology*，2（3）：133－146.

Kolattukudy P E，1970. Plant waxes. *Lipids*，5（2）：259－275.

Mukai K，Hashimoto H，Tsujimoto K，1965. Studies on the lipids of coccids. Part 1. Higher alcohols of *Icerya purchasi* Mask. *Nippo Nageikagakn Kaishi*，39：77－81.

Ning Y C，1989. Structural identification of organic compounds and organic spectroscopy. Beijing：Qinghua University Press. 132－156.［宁永成，1989. 有机化合物结构鉴定与有机波谱学. 北京：清华大学出版社. 132－156］

Pope D R，1979. Wax production by coccinellid larvae（Coleoptera）. *Systematic Entomology*，4（2）：171－196.

Pope D R，1983. Some aphid waxes，their form and function（Homoptera：Aphididae）. *Journal of Natural History*，17：489－506.

Tamaki Y，1969. Waxy covering of scale insects secretion，construction and chemical natures. *Botyu-Kagaku*，34：86－96.

Tamaki Y，1997. Chemistry of the test cover. In：Ben-Dov Y，Hodgson C J eds. Soft Scale Insects：Their Biology，Natural Enemies and Control. New York：Elsevier Amsterdam-Lausanne. 55－72.

Tamaki Y，Kawai S，1968. Fatty acids，alcohols and hydrocarbons in the waxy covering of *Ceroplastes pseudoceriferus* Green，*Ceroplastes japonicus* Green and *Ceroplastes rubens* Maskell（Homoptera：Coccoidea）. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*，12： 23－28.

Tamaki Y，Kawai S，1969. X-ray diffraction studies on waxy covering of scale insects（Homoptera：Coccoidea）. *Applied Entomology and Zoology*，4（2）：79－86.

Tang F D， 1977. The Scale Insects of Horticulture and Forest of China. Vol. 1. Taigu：Shanxi Agricultural College Press. 78－79.［汤□德，1977. 中国园林主要蚧虫. 山西太谷：山西农学院出版. 78－79］

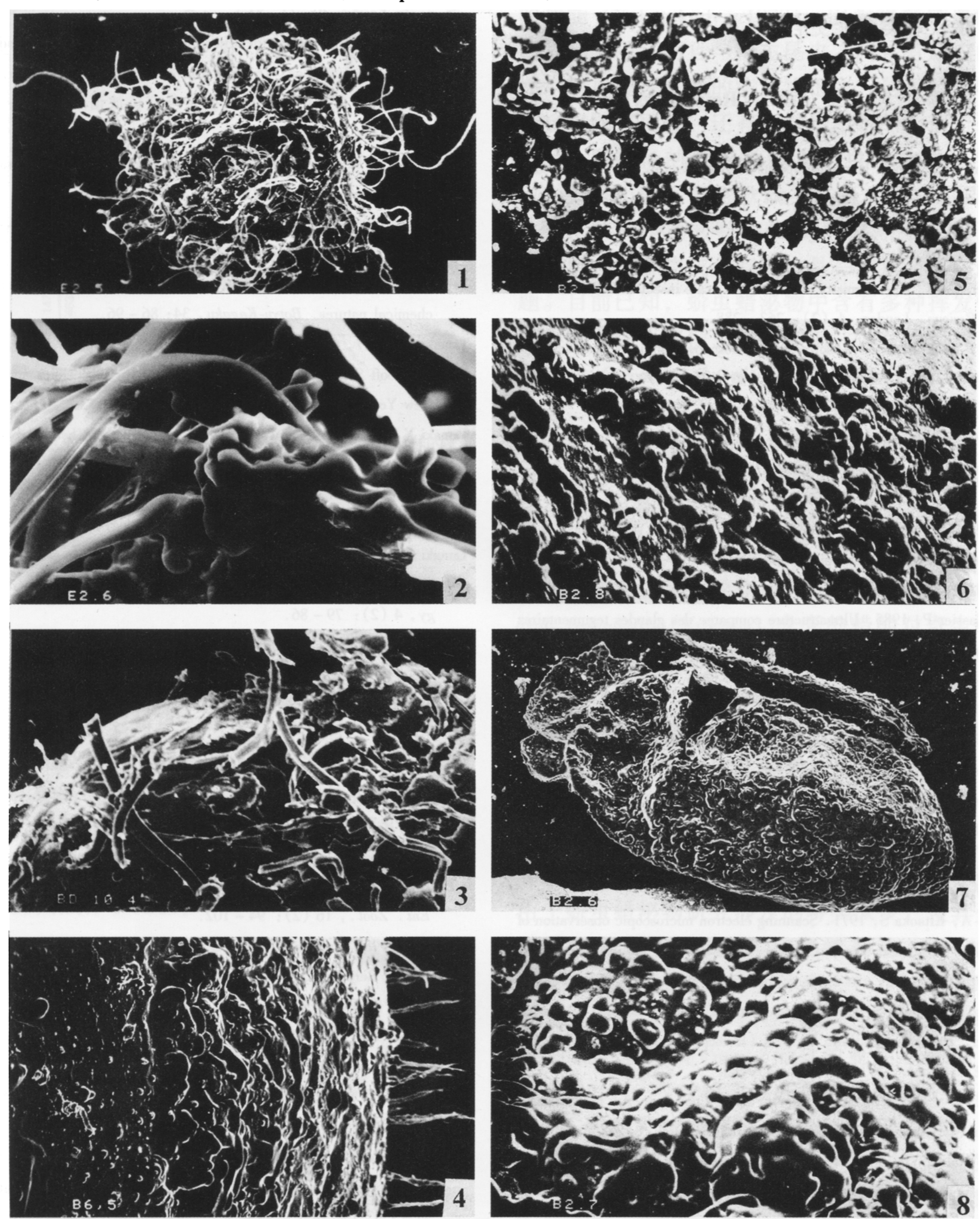
Tang F D，1991. Coccidae of China. Taiyuan：Shanxi Universities United Press. 213－235.［汤□德，1991. 中国蚧科. 太原：山西高校联合出版社. 213－235］

Waku Y，Manabe Y，1981. Fine structure of the wax gland in a scale insect，*Eriococcus lagerstraemiae* Kuwana（Homoptera：Eriococcidae）. *Appl. Ent. Zool.*，16（2）：94－102.

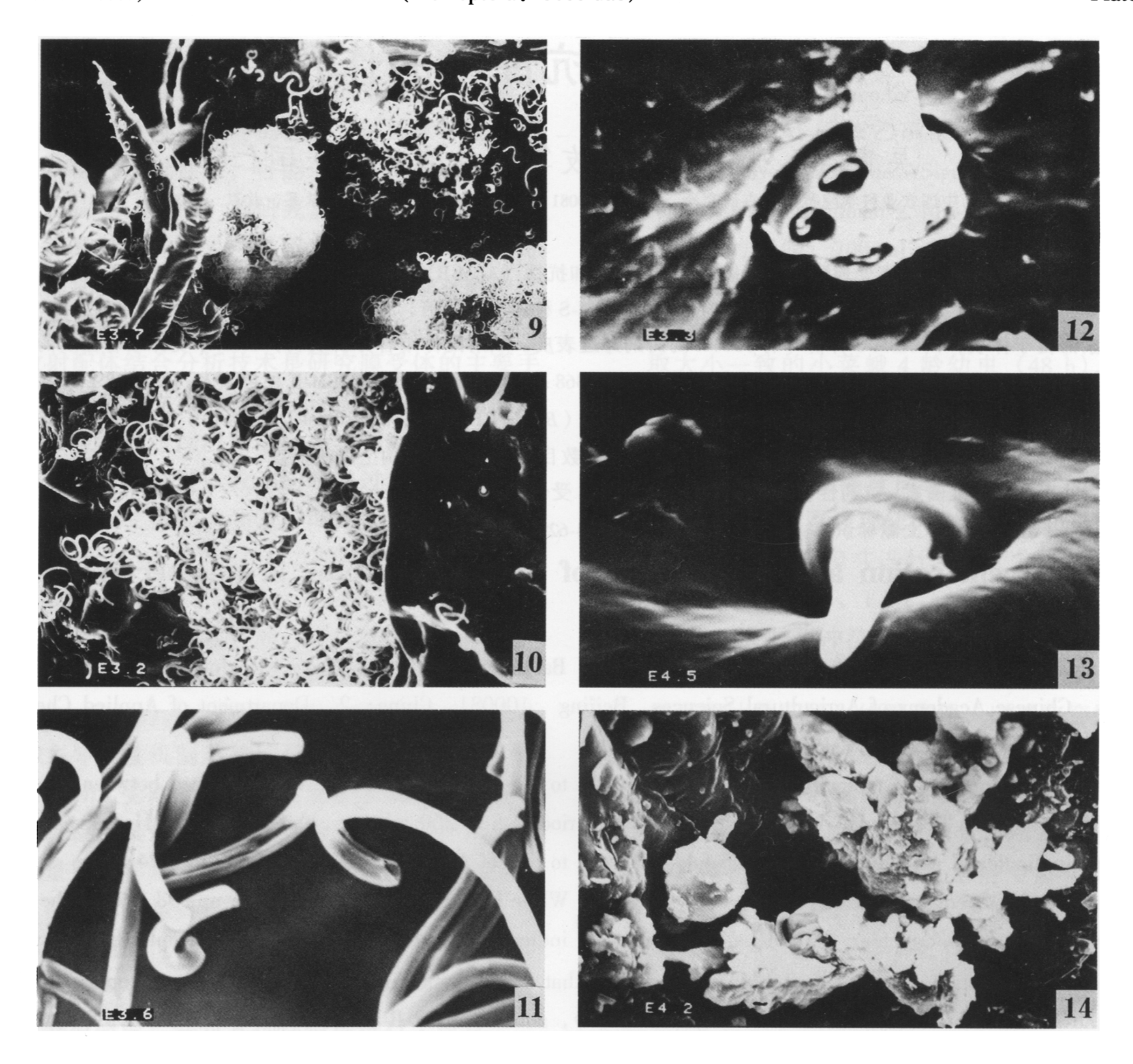
Xie Y P，1998. The Scale Insects of the Forest and Fruit Trees in Shanxi of China. Beijing：China Forestry Publishing House. 54－57.［谢映平，1998. 山西林果蚧虫. 北京：中国林业出版社. 54－57］

Zhang Z G，Shi Y L，1955. The biology of *Didesmococcus koreanus* Borchs on fruit trees. *J. Shandong Agricultural College*，（1）：35－42.［张之光，石毓亮，1955. 朝鲜球蚧在果树上的生物学研究. 山东农学院学报，1（1）：35－42］

Zhao Y X，Sun X Y，1992. Spectroscopy Analysis and Organic Structural Identification. Hefei：China Science and Technology University Press. 97－171.［赵瑶兴，孙祥玉，1992. 光谱分析与有机结构鉴定. 合肥：中国科学技术大学出版社. 97－171］




1. 低龄若虫分泌蜡丝将虫体包裹成团 Numerous waxy threads secreted by the young nymph (90 ×)
2. 蜡丝单根泌出，基部粗大 The waxes with a thick root are secreting from the gland pores (1 000 ×)
3. 蜡丝下面有一层薄蜡紧贴体壁 Under the waxy threads, a thin wax layer covering through the surface of the nymph (500 ×)
4. 膨大期雌虫体表蜡层薄，向体缘增厚 The waxy layer is very thin in center area while it is thicker around the marginal part of the dorsal surface of the 3rd instar female scale insect (320 ×)
5. 雌成虫体表泌蜡凝结成块状和颗粒状 The wax secretion coagulated into granular and piece on the dorsal surface of adult female (600 ×)
6. 雌成虫体表泌蜡在虫体侧面成泥石流状 A thicker waxy layer likes mud-rock flow over the side parts of the adult female's body (900 ×)
7. 雄虫蜡壳薄而半透明，表面具鱼鳞状凹凸 The waxy test of the male scale insect (73 ×)
8. 鱼鳞状凹凸放大观 The surface structure of the test of the male scale insect (400 ×)




9. 雌成虫腹面前胸气门被泌蜡覆盖，隆起很高 Spiracle projects upward with numerous waxes (360 ×)

10. 气门路蜡丝卷曲堆积 White waxy threads in coil form along the stigmatic furrows (700 ×)

11. 气门路蜡丝为中空管状 The waxy threads are hollow (6 500 ×)

12. 气门路上泌蜡的 5 孔腺 A quinque-locular disc pore distributed over the stigmatic furrow and with a wax thread newly secreted from the signal pore (10 000 ×)

13. 雌成虫腹面亚缘区的管状腺 The tubular duct on the ventral sub-marginal area of adult female, and its open with wax newly secreted (8 000 ×)

14. 管状腺分泌的湿蜡凝结成颗粒和块状 The wax secretions from the tubular ducts coagulated into pieces (1 000 ×)